

**KUALITI AIR SUNGAI BERDASARKAN ANALISIS KIMIA DAN
KEPELBAGAIAN ALGA**

NOR AZMAN BIN KASAN

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

KUALITI AIR SUNGAI BERDASARKAN ANALISIS KIMIA DAN
KEPELBAGAIAN ALGA

NOR AZMAN BIN KASAN

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Kejuruteraan (Alam Sekitar)

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

JUN 2006

Dedikasi

*Khas buat bonda yang disayangi,
Pengorbananmu adalah pembakar semangatku untuk terus berjuang,
Buat abang-abang dan adik yang diingati,
Kejayaanku bakal menebus maruah keluarga,
Buat teman-teman seperjuangan,
Kalian mempunyai keistimewaan tersendiri,
Terima kasih atas segalanya,
dan,
Teristimewa buat Baiyurah Bte Mohamed Esa,
Segala dorongan dan semangat darimu amatlah kuhargai,
Semoga hubungan yang terjalin direstui Allah S.W.T dan kekal buat selamanya.*

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, setinggi-tinggi kesyukuran dipanjatkan ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah rahmat dan kurnia-Nya dapatlah saya menghasilkan tesis bagi program ijazah Sarjana Kejuruteraan (Alam Sekitar). Ucapan jutaan terima kasih ditujukan khas buat kedua-dua pembimbing saya iaitu Dr. Johan Bin Sohaili dan Prof Madya Dr. Zaharah Bte Ibrahim di atas segala tunjuk ajar, nasihat serta komitmen tinggi yang telah diberikan. Ucapan penghargaan juga ditujukan kepada pihak Research Management Centre (RMC), Universiti Teknologi Malaysia yang telah membiayai kajian ini melalui no. vot 75081.

Tidak dilupakan kepada Prof. Dr. Phang Siew Moi dan Dr. Chu Wan Loy yang merupakan pakar terhadap pengenalpastian spesis-spesis alga di Makmal Institut Sains Biologi, Universiti Malaya, Kuala Lumpur. Jutaan penghargaan ditujukan kepada warga JPS, Pontian terutamanya Ir. Azman Bin Yahya, Ir. Zaiton Bte Abdul Hamid dan En. Satar Bin Jofri yang telah membekalkan data taburan hujan di sepanjang kawasan kajian.

Penghargaan juga ditujukan kepada juruteknik-juruteknik yang bertugas di Makmal JKAS, FKA yang telah membantu saya ketika menjalankan persampelan serta analisis di makmal terutamanya En. Azlan Abd Aziz, En. Zulkurnain, En. Yusoff, En. Ramlee Ismail, En. Ramli Aris dan En. Muzafar Nor. Tidak dilupakan kepada rakan-rakan seperjuangan yang banyak membantu serta mendorong perjalanan penyelidikan ini. Terima kasih atas segalanya.

Akhir sekali, ucapan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada semua ahli keluarga serta semua yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek sarjana ini. Semoga jasa-jasa kalian mendapat keberkatan daripada Ilahi.

ABSTRAK

Sungai Pontian Kecil digunakan oleh penduduk di sekitar Daerah Pontian untuk menjalankan aktiviti harian mereka seperti sumber bekalan air pengairan, perikanan dan rekreasi. Kajian terhadap Sungai Pontian Kecil dijalankan pada bulan tidak hujan dan bulan hujan. Tahap pencemaran air ditentukan berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) dan Indeks Diversiti Shannon-Weiner (H'). Perkaitan antara kedua-dua indeks tersebut ditentunilaikan. Aktiviti gunatanah yang menyumbang terhadap kemerosotan kualiti air sungai termasuklah pembuangan air sisa kumbahan, aktiviti pertanian dan aktiviti penempatan di sepanjang koridor sungai. Analisis kimia air sungai dilakukan bagi memperoleh nilai WQI. Di samping itu, nilai H' diperoleh berdasarkan pengklasifikasian alga. Keputusan mendapati terdapat perkaitan antara WQI dan H' di mana kualiti air di hulu adalah Kelas II ketika bulan tidak hujan dengan nilai masing-masing 75 dan 3.08, manakala pada bulan hujan nilai WQI dan H' masing-masing adalah 85 dan 2.90, menunjukkan kualiti air bersih pada kedua-dua bulan berkenaan. Sebaliknya, kualiti air di hilir adalah Kelas IV dengan nilai masing-masing 38 dan 1.42 pada bulan tidak hujan, manakala pada bulan hujan nilai masing-masing adalah 35 dan 1.20, menunjukkan pencemaran kualiti air. Kehadiran kelas alga Bacillariophyceae dan Chlorophyceae yang banyak menunjukkan kualiti air yang bersih, manakala kehadiran kelas Euglenophyceae dan Cyanophyceae pula menunjukkan pencemaran. Didapati *Navicula sp.* adalah spesis alga yang dominan pada kedua-dua bulan tidak hujan dan bulan hujan. Kiraan sel alga di hulu adalah tinggi iaitu masing-masing 8870 sel/mL dan 7828 sel/mL berbanding di hilir dengan jumlah spesis masing-masing adalah 1138 sel/mL dan 353 sel/mL pada kedua-dua bulan. Kesimpulannya, pencemaran kualiti air mempengaruhi populasi alga di dalam sungai di mana populasi alga adalah tinggi pada kualiti air yang bersih.

ABSTRACT

Sungai Pontian Kecil is used by villagers around Pontian District for their daily activities such as water supply for irrigation, fisheries and recreation. Study on Sungai Pontian Kecil was conducted during non-raining and raining months. The level of water pollution was determined based on Water Quality Index (WQI) and Shannon-Weiner Index (H'). The relationship between both indexes was evaluated. The land use activities that contributed to the decline of water quality of the river include discharge of wastewater, agricultural activities and settlements along the river corridor. Chemical analysis of the river water was used to determine WQI value. Besides that, H' value was based on the classification of algae. Results showed that there is a relationship between WQI and H' where water quality at the upstream is Class II during non-raining month with 75 and 3.08 respectively, while during raining month the WQI and H' were 85 and 2.90 respectively, indicating clean water quality during both months. On the other hands, water quality at the downstream is Class IV with 38 and 1.42 respectively during non-raining month, while 35 and 1.20 respectively during raining month, indicating polluted water quality. The presence of large amount of Bacillariophyceae and Chlorophyceae classes indicated clean water quality, while the presence of Euglenophyceae and Cyanophyceae classes indicated pollution. It was found that *Navicula sp.* was the dominant algae species during both non-raining and raining months. Algae cell calculation at the upstream was high with 8870 cell/mL and 7828 cell/mL respectively compared to the downstream with 1138 cell/mL and 353 cell/mL respectively during both months. As a conclusion, polluted water quality influences algae populations in the river where algae populations are high at clean water quality.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	TAJUK	i
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	xii
	SENARAI RAJAH	xiv
	SENARAI SIMBOL	xvi
	SENARAI LAMPIRAN	xvii
1	Pengenalan	
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Kepentingan Sungai	2
	1.3 Latar Belakang Sungai Pontian Kecil	3
	1.4 Objektif Kajian	4
	1.5 Skop Kajian	4
	1.6 Kepentingan Kajian	5

2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Pendahuluan	6
2.2	Pencemaran Air Sungai	7
2.3	Pengelasan Sungai dan Status Pencemaran Air Sungai	8
2.4	Punca-Punca Pencemaran Air Sungai	10
2.4.1	Pencemaran oleh Faktor Semulajadi	12
2.4.2	Pencemaran oleh Aktiviti Manusia	12
2.5	Kesan Aktiviti Gunatanah	13
2.5.1	Aktiviti Pertanian	14
2.5.2	Aktiviti Penempatan	14
2.6	Pembangunan Koridor Sungai	15
2.7	Fungsi Koridor Sungai	16
2.8	Parameter-Parameter Kimia Kualiti Air	16
2.8.1	Oksigen Terlarut	17
2.8.2	Permintaan Oksigen Biokimia	17
2.8.3	Permintaan Oksigen Kimia	18
2.8.4	Ammonia Nitrogen	18
2.8.5	Pepejal Terampai	19
2.8.6	pH	19
2.8.7	Nitrat	20
2.8.8	Fosfat	20
2.9	Penunjuk Biologi dalam Ekosistem Sungai	21
2.9.1	Pengelasan Sungai Berdasarkan Alga sebagai Penunjuk Biologi	22
2.10	Alga dan Eutrofikasi	23
2.10.1	Populasi Kembangan Alga (<i>Algal Bloom</i>)	23
2.10.2	Fenomena Eutrofikasi	26
2.11	Populasi Alga di Malaysia	27
2.12	Faktor-Faktor Mempengaruhi Pertumbuhan Alga	28
2.12.1	Suhu	29
2.12.2	Gas Karbon Dioksida dan Cahaya	29

2.12.3	Oksigen Terlarut	30
2.13	Keperluan Nutrien oleh Alga	30
2.13.1	Kandungan Fosforus	31
2.13.2	Kandungan Nitrogen	31
2.14	Pigmen Hijau Klorofil-a	32
2.15	Rumusan	33

3 METODOLOGI KAJIAN

3.1	Lokasi Stesen Persampelan	35
3.2	Peralatan Kajian	41
3.3	Kaedah Kajian Gunatanah	43
3.3.1	Pemerhatian di Tapak	43
3.3.2	Lawatan ke Jabatan-Jabatan Kerajaan	43
3.3.3	Temubual dengan Penduduk Sekitar	44
3.4	Kaedah Penentuan Koridor Sungai Pontian Kecil	44
3.4.1	Berpandukan Jalanraya	44
3.4.2	Berpandukan Aktiviti Gunatanah	45
3.4.3	Berpandukan Kualiti Air	45
3.5	Pengukuran Kadar Alir Sungai	45
3.6	Kaedah Persampelan	46
3.6.1	Persampelan Air Sungai	47
3.6.2	Persampelan Alga	47
3.7	Analisis Kimia	47
3.8	Analisis Biologi	49
3.9	Analisis Data	51
3.9.1	Analisis Indeks Kualiti Air	51
3.9.2	Analisis Indeks Diversiti Shannon-Weiner	51

4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Pendahuluan	52
4.2	Punca-Punca Pencemaran Air Sungai Pontian Kecil	53
4.2.1	Aktiviti Gunatanah Sedia Ada	54
4.2.2	Aktiviti untuk Pertanian	54
4.2.3	Aktiviti untuk Penempatan	57
4.2.4	Perancangan Gunatanah Masa Hadapan	59
4.3	Zon Koridor Sungai Pontian Kecil	60
4.4	Taburan Hujan Sungai Pontian Kecil	62
4.5	Keputusan Pengukuran Kadar Alir Sungai	65
4.6	Analisis Parameter Kimia	66
4.6.1	Parameter Kimia Bulan Tidak Hujan	66
4.6.2	Parameter Kimia Bulan Hujan	67
4.7	Keputusan Analisis Parameter Kimia	68
4.7.1	Indeks Kualiti Air	68
4.7.2	Oksigen Terlarut	72
4.7.3	Permintaan Oksigen Biokimia	74
4.7.4	Permintaan Oksigen Kimia	76
4.7.5	Ammonia Nitrogen	77
4.7.6	Pepejal Terampai	78
4.7.7	pH	80
4.7.8	Kandungan Nitrat	81
4.7.9	Kandungan Fosfat	83
4.8	Keputusan Analisis Biologi	85
4.8.1	Analisis Kandungan Klorofil-a	85
4.8.2	Pengiraan Kelompok Populasi Alga	87
4.8.3	Ciri-Ciri dan Perubahan Populasi Alga	90
4.8.4	Indeks Diversiti Shannon-Weiner	93
4.9	Perkaitan antara Indeks Kualiti Air dan Indeks Diversiti Shannon-Weiner	97
4.9.1	Perkaitan antara WQI dan H' ketika Bulan Tidak Hujan	97

4.9.2	Perkaitan antara WQI dan H' ketika Bulan Hujan	98
-------	--	----

5 KESIMPULAN DAN CADANGAN

5.1	Kesimpulan	100
5.2	Cadangan	102

RUJUKAN	103
PENERBITAN	118
LAMPIRAN	119

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Pengklasifikasian kualiti air sungai di Malaysia berdasarkan jenis penggunaan	9
2.2	Kelas kualiti air sungai mengikut indeks kualiti air	9
2.3	Subindeks-subindeks parameter pengiraan WQI	10
2.4	Klasifikasi kualiti sungai berdasarkan penunjuk komuniti alga	22
2.5	Contoh nama akhiran taksonomi alga	25
2.6	Filum dan kelas alga air tawar	26
2.7	Sorotan perkembangan penilaian kualiti air secara biologi dan klasifikasi sungai	34
3.1	Justifikasi stesen-stesen persampelan di Sungai Pontian Kecil	36
3.2	Koordinat stesen-stesen persampelan	38
3.3	Pengiraan kadar alir sungai	46
4.1	Aktiviti Gunatanah Sedia Ada di Lembangan Sungai Pontian Kecil	54
4.2	Perancangan Aktiviti Gunatanah Masa Akan Datang	59
4.3	Data taburan hujan di Sungai Pontian Kecil dari tahun 2000 hingga tahun 2004	63
4.4	Data taburan hujan di Sungai Pontian Kecil pada bulan Julai 2004 hingga bulan Jun 2005	64
4.5	Keputusan min parameter-parameter kualiti air Sungai Pontian Kecil ketika musim tidak hujan	66

4.6	Indeks kualiti air Sungai Pontian Kecil berdasarkan kualiti air musim tidak hujan	67
4.7	Keputusan min parameter-parameter kualiti air Sungai Pontian Kecil ketika musim hujan	67
4.8	Indeks kualiti air Sungai Pontian Kecil berdasarkan kualiti air musim hujan	68
4.9	Skala perkadaran umum bagi unit WQI	69
4.10	Populasi alga ketika musim tidak hujan	88
4.11	Populasi alga ketika musim hujan	89
4.12	Indeks Diversiti Shannon-Weiner musim tidak hujan	94
4.13	Indeks Diversiti Shannon-Weiner musim hujan	96
4.14	Perbandingan di antara nilai WQI dan nilai H' di sepanjang Sungai Pontian Kecil ketika musim tidak hujan	98
4.15	Perbandingan di antara nilai WQI dan nilai H' di sepanjang Sungai Pontian Kecil ketika musim hujan	99

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
3.1	Kedudukan Stesen-Stesen Persampelan di Sepanjang Sungai Pontian Kecil	37
3.2	Stesen A di bahagian hulu sungai. Kawasan yang mempunyai aktiviti-aktiviti gunatanah pertanian kelapa sawit dan getah	38
3.3	Stesen B di bahagian hulu sungai. Aktiviti gunatanah di kawasan ini adalah pertanian kelapa sawit, getah dan kebun buah-buahan	39
3.4	Stesen C di bahagian tengah sungai. Kawasan ini dipenuhi oleh aktiviti pertanian kelapa sawit dan getah. Selain itu, terdapat juga belukar dan semak samun di persekitaran kawasan ini	39
3.5	Stesen D di bahagian hilir sungai. Kawasan ini merupakan kawasan paya yang dipenuhi oleh pokok bakau. Namun, terdapat juga pertanian getah dan kelapa sawit serta kawasan penempatan	40
3.6	Stesen E di bahagian hilir sungai. Kawasan ini merupakan kawasan penempatan iaitu kawasan perkampungan nelayan. Penduduk menjalankan aktiviti menangkap ikan dan menjadikan sungai sebagai tempat pembuangan sampah	40
4.1	Gunatanah Pertanian di Sepanjang Sungai Pontian Kecil.	56
4.2	Gunatanah Penempatan di Sepanjang Sungai Pontian Kecil	58

4.3	Kedudukan Zon Koridor Sungai Pontian Kecil	61
4.4	Perubahan nilai kadar alir di stesen-stesen persampelan sepanjang Sungai Pontian Kecil ketika bulan tidak hujan dan bulan hujan	65
4.5	Taburan nilai WQI-TH dan WQI-H sepanjang Sungai Pontian Kecil pada stesen-stesen persampelan	70
4.6	Perubahan paras DO air Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	73
4.7	Perubahan paras BOD Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	74
4.8	Perubahan paras COD Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	76
4.9	Perubahan kepekatan AN Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	77
4.10	Perubahan kepekatan SS Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	79
4.11	Perubahan paras pH Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	81
4.12	Perubahan kepekatan nitrat Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	82
4.13	Perubahan kepekatan fosfat Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	84
4.14	Perubahan kepekatan klorofil-a di Sungai Pontian Kecil semasa musim tidak hujan dan musim hujan	85
4.15	Perubahan nilai H' dari hulu sungai ke hilir sungai semasa musim tidak hujan dan musim hujan	94

SENARAI SIMBOL / SINGKATAN / ISTILAH

AN	-	Ammoniakal Nitrogen
BOD	-	Permintaan Oksigen Biokimia
C ₆ H ₁₂ O ₆	-	Glukosa
Ca ²⁺	-	Ion Kalsium
Chl-a	-	Klorofil-a
CO ₂	-	Gas Karbon Dioksida
COD	-	Permintaan Oksigen Kimia
DO	-	Oksigen Terlarut
<i>et al</i>	-	Dan rakan-rakan
H	-	Hujan
H'	-	Indeks Diversiti Shannon-Weiner
H ₂ O	-	Air
JAS	-	Jabatan Alam Sekitar
JPS	-	Jabatan Pengairan dan Saliran
Mg ²⁺	-	Ion Magnesium
mg/L	-	Miligram per liter
O ₂	-	Oksigen
°C	-	Darjah Celcius
Q	-	Aliran arus air
SI	-	Sub-Indek
<i>sp.</i>	-	Spesis
SS	-	Pepejal Terampai
T	-	Timur
TH	-	Tidak hujan
U	-	Utara
WQI	-	Indeks Kualiti Air

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Contoh kaedah Analisis Varian	119
B	Had parameter bagi pelepasan efluen dan kumbahan ke alurair	120
C	Keputusan keseluruhan pengukuran kadar alir sungai	121
D	Data keseluruhan taburan hujan di Sungai Pontian Kecil	125
E	Peralatan pengukuran parameter kualiti air dan pengenaltastian alga	137
F	Contoh-contoh foto alga	138
G	Keputusan keseluruhan analisis parameter-parameter kimia	140
H	Keputusan keseluruhan pengukuran klorofil-a	142

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pendahuluan

Kepelbagaian biologi atau biodiversiti merupakan suatu unsur penting di dalam sistem pengurusan air sungai. Interaksi di antara pelbagai jenis organisma di dalam sungai menjadikan ia suatu sistem ekologi yang sangat kompleks (Muhammad Ali *et al.*, 2003) serta memainkan peranan penting dalam ekosistem sungai seperti pemeliharaan kualiti air sungai (Naylor *et al.*, 1989; Manuel *et al.*, 2002; Klemm *et al.*, 1991), pencegahan terhadap hakisan tanah dan banjir (Dreaver *et al.*, 1981) serta membantu dalam kelancaran aliran air sungai (Hakansson dan Jansson, 1983).

Sejak wujudnya penempatan manusia di dunia ini, masalah pencemaran sungai telah timbul dan merebak ke seluruh dunia. Ia berlaku seiring dengan keghairahan manusia untuk memajukan diri di samping proses pembangunan yang tidak mengenal batasan serta sistem perlaksanaan yang tidak seimbang sehingga mengancam keindahan alam semulajadi. Dengan itu, satu sistem pengurusan sungai yang lebih sistematik perlulah diperkenalkan (Manuel *et al.*, 2002) bagi memelihara dan menjaga sungai daripada mengalami pencemaran lebih teruk akibat daripada aktiviti manusia.

Masalah pencemaran sungai bukanlah merupakan suatu isu baru. Antara faktor-faktor utama yang dikenalpasti menyumbang kepada pencemaran air adalah pembuangan air sisa kumbahan domestik dari kawasan penempatan (Bell, 1971; Pande dan Das, 1980), aktiviti pertanian (Atsushi *et al.*, 2005; Comin *et al.*, 1999;

Rai *et al.*, 1995) serta penternakan haiwan (Brix dan Schierup, 1989) di sepanjang koridor sungai. Kerajaan Malaysia telah mengatur pelbagai langkah termasuklah merangka polisi-polisi, peraturan-peraturan serta program-program untuk mengurangkan penurunan kualiti air sungai, persekitaran marin serta kawasan tadahan air (JAS, 2000). Pelbagai kaedah pendekatan telah diambil dalam meningkatkan kualiti sistem pengurusan air sungai termasuklah aplikasi pemeliharaan serta pemuliharaan air sungai (Manuel *et al.*, 2002).

Penilaian tahap pencemaran air sungai biasanya dilakukan berdasarkan parameter kimia seperti ujian Oksigen Terlarut (DO), Permintaan Oksigen Biokimia (BOD), Permintaan Oksigen Kimia (COD), Pepejal Terampai (SS), Ammonia Nitrogen (AN), pH, suhu (T), Nitrat dan Fosfat bagi menentukan tahap kualiti air sungai berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI). Namun, kajian ini melibatkan komposisi kepelbagaian spesis alga sebagai penunjuk biologi dalam pengesanan pencemaran air sungai. Di dalam kajian ini, pelbagai spesis alga yang berpotensi sebagai penunjuk biologi bagi menentukan tahap pencemaran air sungai dikenalpasti. Ini kerana, alga mudah dijumpai di dalam kualiti air berlainan (Munawar *et al.*, 1991; Trivedi dan Gurdeep, 1992) di samping mampu berinteraksi pada tahap pencemaran air sungai yang berbeza (Boyd dan Tucker, 1998).

1.2 Kepentingan Sungai

Malaysia mempunyai lebih daripada satu juta kilometer persegi lembangan sungai dan kawasan dataran (JAS, 1994) yang berpotensi tinggi dari segi ekonomi, sosial, budaya serta nilai estetika yang amat berharga. Sungai merupakan khazanah yang amat bernilai kerana ia memainkan peranan penting dalam kehidupan manusia seharian. Ia merupakan suatu sistem yang kompleks (Gao dan Song, 2005) terdiri daripada tanah, tumbuh-tumbuhan, haiwan serta rangkaian anak-anak sungai di sepanjang koridor sungai berkenaan. Air adalah suatu keperluan harian semula jadi yang sangat berharga serta memainkan peranan penting dalam kehidupan manusia, haiwan, tumbuhan dan organisma akuatik. Manusia menggunakan air sebagai sumber minuman, perindustrian, pembuatan, perkilangan dan sebagainya. Sungai merupakan

harta tidak ternilai yang perlu dijaga dan dilindungi supaya tidak terus dieksploitasi oleh pihak yang tidak bertanggungjawab.

Kebiasaannya, sistem sungai berfungsi secara semulajadi dalam membantu kelancaran aliran air sungai (Hakansson dan Jansson, 1983), pergerakan sedimen (Ketchum, 1967) serta mengawal keseimbangan suhu (Gianesella *et al.*, 2000). Apabila sistem sungai ini telah terganggu akibat pencemaran, maka keseimbangan dinamik sungai tersebut akan musnah (Chattopadhyay *et al.*, 2003) sekaligus menyebabkan pelbagai usaha pemuliharaan sungai perlu dilakukan bagi mengelakkan masalah berlaku dikalangan penduduk setempat. Terdapat beberapa fungsi umum ekologi sungai iaitu membantu proses kelancaran air sungai, kawasan tadahan air, pembuangan bahan-bahan sisa merbahaya serta membekalkan habitat semulajadi bagi hidupan akuatik (Hakansson dan Jansson, 1983; Kemp *et al.*, 1978; Das *et al.*, 1995; Rawlence dan Whitton, 1977). Oleh itu, sebarang perubahan yang berlaku dalam ekosistem sungai akan memberi impak yang besar terhadap keadaan fizikal, kimia serta proses semulajadi (Gao dan Song, 2005) sungai berkenaan.

1.3 Latar Belakang Sungai Pontian Kecil

Sungai Pontian Kecil di dalam Daerah Pontian, Johor telah dipilih sebagai kawasan kajian memandangkan ia merupakan salah satu sungai utama di negeri Johor yang perlu diberi perhatian sewajarnya kerana tahap kualiti air yang semakin merosot. Kemajuan dan aktiviti-aktiviti pembangunan di sekitar lembangan sungai akan memberi impak yang besar terhadap alam sekitar terutamanya kualiti air sungai tersebut. Oleh yang demikian, kajian penilaian kualiti air terhadap Sungai Pontian Kecil dilakukan agar langkah-langkah kawalan dan pemuliharaan dapat diambil.

Sungai Pontian Kecil yang terletak di bahagian Johor Selatan mengalir bermula dari kawasan tadahan air Gunung Pulai dan mengalir melalui beberapa kawasan perkampungan seperti Kg. Sepakat Jaya, Kg. Bakar Arang, Kawasan Melayu Ulu Pontian, Kg. Sawah, Kg. Batu Tiga Puluh Kg. Parit Selangor, Kg. Parit Kassim, Kg Parit Bengkok, Kg. Parit Masjid, Kg. Kelapa, Kg. Duku, Kg. Pesisir dan

Kg. Atap sebelum memasuki laut di muara sungai berhampiran Bandar Pontian. Keluasan dan panjang lembangan sungai ini masing-masing adalah kira-kira 3865.03 hektar dan 22 kilometer (JPS Pontian, 2006) dengan kepadatan penduduk seramai 32542 orang (Majlis Daerah Pontian, 2006). Secara keseluruhannya, aktiviti gunatanah utama kawasan kajian adalah kegiatan pertanian iaitu 67.64 % daripada gunatanah keseluruhan termasuklah pertanian kelapa sawit, getah, tanaman buah-buahan dan sayur-sayuran diikuti kawasan perumahan penduduk iaitu 21.87% yang merangkumi kawasan perumahan terancang dan perumahan kampung, manakala kawasan hutan dan tanah terbiar adalah 10.49 %. Oleh itu, ia merupakan sebuah sungai yang sentiasa menerima pelbagai bahan sisa buangan daripada aktiviti gunatanah yang dijalankan di sepanjang koridor sungai berkenaan.

1.4 Objektif Kajian

Objektif kajian ini adalah seperti berikut:

- (i) Menentukan kualiti dan klasifikasi Sungai Pontian Kecil berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI);
- (ii) Mengenalpasti kepelbagaian spesis alga sebagai penunjuk biologi untuk mengesan pencemaran air di Sungai Pontian Kecil;
- (iii) Menentukan perkaitan kualiti air sungai berdasarkan WQI dan kepelbagaian spesis alga sebagai penunjuk biologi.

1.5 Skop Kajian

Skop kajian ini memberi fokus terhadap faktor-faktor yang menyumbang kepada pencemaran air di sekitar koridor Sungai Pontian Kecil. Antara faktor-faktor penyumbang kemerosotan kualiti air di sepanjang koridor sungai berkenaan adalah pelepasan sisa kumbahan domestik dari kawasan perumahan serta pelbagai aktiviti pertanian seperti ladang kelapa sawit, getah, sayur-sayuran dan dusun buah-buahan.

Tumpuan utama kajian adalah bagi menilai kualiti air sungai berkenaan agar langkah-langkah kawalan serta pemantauan aktiviti-aktiviti penyumbang pencemaran sungai boleh diambil oleh pihak yang bertanggungjawab.

Di samping itu, kajian ini turut memberi penekanan terhadap kepelbagaian populasi spesis alga di persekitaran akuatik. Dengan itu, kajian kualiti air Sungai Pontian Kecil berdasarkan analisis parameter-parameter kimia seperti DO, BOD, COD, SS, AN, pH, T, Nitrat dan Fosfat diperkukuhkan dengan analisis kelompok kepelbagaian spesis alga bagi menentukan tahap pencemaran air sungai berkenaan. Hasilnya, tahap kualiti air Sungai Pontian Kecil dapat ditentu nilaikan serta aktiviti gunatanah di sekitar koridor sungai dapat dirancang bagi memastikan kualiti air sentiasa terpelihara.

1.6 Kepentingan Kajian

Dalam kajian ini, Sungai Pontian Kecil telah dipilih sebagai kawasan kajian. Ia lebih dikenali sebagai sebuah kawasan yang mempunyai potensi untuk pelbagai aktiviti riadah dan rekreasi serta sumber bekalan air semula jadi penduduk sekitar sekiranya kualiti air sungai tersebut sentiasa dipelihara. Aliran air sungai jernih yang berpunca dari Gunung Pulai sebagai kawasan tadahan air menjadikan sungai ini digunakan sebagai kawasan rekreasi dan perikanan. Sungai ini mempunyai banyak keistimewaan termasuk mempunyai landskap serta pemandangan yang indah.

Kajian dijalankan bagi menilai kualiti air sungai akibat punca-punca pencemaran oleh aktiviti gunatanah seperti kegiatan pertanian dan penempatan penduduk yang menyumbang terhadap kemerosotan kualiti air di sepanjang koridor sungai berkenaan. Oleh itu, kajian ini akan memberi penekanan terhadap pengenalanpastian tahap kualiti air sungai berdasarkan ciri-ciri kimia dan kepelbagaian spesis alga. Hasil daripada kajian ini, perkaitan di antara ciri-ciri kimia dan fungsi pelbagai spesis alga dalam menentukan tahap kualiti air Sungai Pontian Kecil dapat dicapai.

RUJUKAN

- Aishah Salleh. (1996). Panduan Mengenal Alga Air Tawar. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Akta Kualiti Alam Sekeliling 1974 (Akta 127), Lembaga Penyelidikan Undang-Undang, Malaysia.
- Ali, M. Salam, A. Azeem, A. Shafique, M. and Khan, B.A. (2000). Studies on the Effect of Seasonal Variations on Physical and Chemical Characteristics of Mixed Water from River Ravi and Chenab Site. *Pakistan Journal Resources Science*. **2**: 11-17.
- Ali, M.B. Tripathi, U.N. Rai, U.N. Pal, A. Singh, S.P. (1999). Physico-chemical Characteristics and Pollution Level of Lake Nainital: Role of Macrophytes and Phytoplankton in Biomonitoring and Phytoremediation of Toxic Metals Ions. *Chemosphere*, Pergamon. **39**(12): 2171-2182.
- Allen, E.J., and Nelson, E.W., (1910). On the Artificial Culture of Marine Plankton Organisms. *Water Research*. **8**: 44-74.
- Ann Anton. (1993). Noxious Dinoflagellate Bloom and Its Consequences on Water Quality in a Storage Reservoir. Drinking Water Quality: Microbiological and Health Aspects. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Ann Anton., Kusnan, M., Fatimah, M.Y., and Ong, E.S. (1995). Nutrient Enrichment Studies in a Tropical Reservoir: Effect of N: P Ratios on Phytoplankton Populations. 2, Satya Wacana Christian University, Salatiga, Indonesia.
- APHA, AWWA and WPCF (2000). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Arms, K. (1990). Environmental Science. Saunders Collage Publishing.
- Atsushi, S. Ayumi, I. Jiro, A. and Teruyuki, U. (2005). Influence of Water and Sediment Quality on Benthic Biota in an Acidified River. *Water Research*. **39**: 2517-2526.

- Badiant, P.B. Harned, D.A. and Characklis, W.G. (1978). Stormwater Analysis and Prediction in Houston. *Journal of Environmental Engineering*. **104**: 1087-1100.
- Beasley, B.R. McClure, B. Smith, K.S., Bebbler, T.L. (1990). The Lower Saluda River Corridor Plan. Columbia, South Carolina.
- Bell, H.L. (1971). Effect of Low pH on the Survival and Emergence of Aquatic Insects. *Water Resources*. **5**: 313-319.
- Bellinger, E.G. (1992). A Key to Common Algae: Freshwater Estuarine and Some Coastal Species,. 4th Ed. London: The Institution of Water and Environmental Management.
- Berne, F. and Cordonnier, J. (1995). Industrial Water Treatment. Texas: Gulf Publishing Co.
- Boney, A.D. (1983). Phytoplanktons. London: Edward Arnold Company.
- Boyd, C.E. (1981). Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Alabama: Craftmaster Printers Publisher.
- Boyd, C.E., and Tucker, C.S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. London: Kluwer Academia Publisher.
- Brix, H. (1997). Do Phytoplankton Play a Role in the Rivers. *Water Sciences and Technology*. **5**: 11-17.
- Brix, H. and Schierup, H.H. (1989). The Use of Aquatic Macrophytes in Water Pollution Control. *Ambiology*. **18**: 100-107.
- Cairns, J., and Van Der Scarlie, W.H. (1980). Biology of the Humber River Water. *Water Research*. **14**: 1179-1196.
- Chapman, D. J. (1992). Water Quality Assessment: A Guide to Use Biota, Sediments and Water in Environment Monitoring. UNESCO,WHO and UNEP. London: Chapman & May.
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J. (1990). Alga.: Terjemahan Rosiyah Abd Latif. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Chattopadhyay, J., Sarkar, R.R., and Pal, S. (2003). Dynamic of Nutrient-Phytoplankton Interaction in the Presence of Viral Infection. *Biosystem* **68**: 5-7.
- Chen, J. Zhu, J. Beardsley, R.C. Franks, P.J.S. (2003). Physical-Biological Sources for Dense Algal Blooms Near the Changjiang River. *Geophysical Research Letters*. **30**(10): 1515-1518.

- Chow, C.W.K., House, J., Drikas, M., and Burch, M.D., (1997). Removal of Intact Cyanobacterial Cells by Water Treatment. Urban Water Research Association of Australia, Research Report No. 134.
- Chu, W.L., Phang, S.M., Goh, S.H., and Blakebrough, N., (1994). Environmental Effect on Growth and Biochemical Composition of *Ankistrodesmus Convolutus*. Kuala Lumpur: Universiti Malaya.
- Clasen, J. (1997). Efficiency Control of Particles Removal by Rapid Sand Filters in Treatment Plants Fed with Reservoir Water: A Survey of Different Methods. IAWQ-IWSA Joint Specialist Conferences on Reservoir Management and Water Supply-an Integrated System, 19th-23rd May 1997, Prague, Czech Republic. **1**: 213-220.
- Codd, G.A. and Bell, S.G. (1985). Eutrophication and Toxic Cyanobacteria in Freshwater. *Journal of Water Pollution Control*. **84**(2): 225-232.
- Cole, G.A. (1988). Textbook of Limnology. 3rd Ed. Illinois: Waveland Press Inc.
- Comin, J.J. Barloy, J. Bourre G. and Trolard, F. (1999). Differential Effects of Monomeric and Polymeric Aluminium on the Root Growth and on the Biomass Production of Root and Shoot of Corn in Solution Culture. *Europe Journal Agronomy*. **11**: 115-122.
- Corbitt, R.A. (1999). Standard Handbook of Environmental Engineering. 2nd Ed. New York: Mc Graw Hill.
- Costanza, R., D' Arge, R., D' Groots, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and Van Den Belt, M. (1997). The Value of World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature* **3**: 253-260.
- Daljoeni, N. (1983). Pokok-Pokok Klimatologi. Bandung: Penerbit Alumni.
- Das, B.K. Singh, M. and Greikan, R.V. (1995). The Elemental Chemistry of Sediments in Nainital Lakes, Kumaon Himalaya. *The Science of the Total Environment*. **168**: 85-90.
- Davis, J.M., and Cornwell, D.A. (1991). Introduction to Environmental Engineering. Boston Massachussets: P.W.S.
- Dreaver, K.R. Assed, M.S. and Makki, Y.M. (1981). Investigation of the Agroclimate and Model Formulation in Al-Hassa. *Proceedings of the Saudi Biological Society*. **5**: 35-47.

- Dresneck, R. (1998). Eutrophication in Pfafflin: Encyclopedia of Environmental Science and Engineering". 4th Ed. Amsterdam:Gordon and Breach Science Publisher.
- Droste, R.L. (1997). Biological Assessment of Water Quality in Three British Rivers. *Water Pollution Control*. **75**: 92-114.
- Duran, J.W. Schepers, J.S. and Swanson, N.P. (1981). Chemical Bacteriological Quality of Pastuner Runoff. *Journal Soil Conservation*. 166-171.
- Elmgren, R. (1989). Man's Impact on the Ecosystem of the Baltic Sea: Energy Flows Today and at the Turn of the Century. *Ambiology*.**18**: 326-332.
- Eric. H.L. (1997). Watershed Planning and Program Integration. *Ecological Engineering*. **16**: 10-15.
- Estrada, M. S., Philips, E.J., Badylak, S., and Grosskopf, T. (2004). Factors Affecting the Abundances of Phytoplankton in a Restricted Subtropical Lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*. **55**: 385-402.
- Evans, F., and Langdon, C.J. (2000). Co-culture of Dulse *Palmaria mollis* and Red Abalone *Haliotis rufescens* under Limited Flow Conditions. *Aquaculture*.137-158.
- Faridah A. M. L. Mohd Harun Abdullah, and Maketab Mohamed. (2004). Urban River Pollution in Sabah- A Case Study of Sembulan River. Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management. Bangi, Selangor. 13th-14th September 2004.Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi. 299-310.
- Fatimah Mohd Yusof. (1990) Water Quality Characteristics in Experimental Fish Ponds, Malaysia. The 2nd Asian Fisheries Forum, Asian Fisheries Society, Manila, Philipphines.
- Fatimah Mohd Yusof. (1996). Environmental Management of Lake Kenyir, Malaysia: Prevention of Eutrophication. *Jurnal Engineering Science*.**9**: 43-48.
- Fatimah Mohd Yusof. and Ann Anton. (1995). Water Quality and Phytoplankton Composition in Eutrophic Tropical Ponds. Proceeding of 4th Asian Fisheries Forum, Beijing, China.
- Fatimah Mohd Yusof. and Lock, M.A. (1995). Thermal Stratification and its Role in Controlling Eutrophication in Tropical Reservoir, Malaysia. 2, Satya Wacana Christian University, Salatiga, Indonesia.

- Fjerdingstad, E. (1971). Microbial Criteria of Environment Qualities. *Microbiology*. 25. 563.
- Furon, R. (1967). The Problem of Water: a World Study. Faber and Faber Ltd.
- Gao, X., and Song, J. (2005). Phytoplankton Distributions and Their Relationship with the Environment in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*. **50**: 327-335.
- Gerharht, A. (2000). Biomonitoring of Polluted Water. Switzerland: Trans Tech Publication Inc.
- Gerheart, R.A., Klopp, F., and Allen, G., (1989). Species Diversity in Aquatic Ecosystems. *Journal Ecology*. **59**: 481-488.
- Gersberg, R.M., Elkins, B.V., and Goldman, C.R., (1983). Nitrogen Removal in Artificial Wetlands. *Water Resources*. **17**: 1009-1034.
- Gianesella, S.M.F., Saldanha-Correa, F.M.P., and Teixeira, C., (2000) Tidal Effects on Nutrients and Phytoplankton Distribution in Bertioga Channel, Sao Paulo, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management* **3**: 533-544.
- Gomez, N. (1997). Chlorophyll a Fluorescence and Photosynthetic Activity as Tools for the Evaluation of Toxicity to *Anabaena sp.* *Environmental Research*. **49**: 101-105.
- Green, L.A. and Hayes, C.R. (1981). The Impact of Eutrophication on Water Treatment and Supplies in the Anglian Water Authority. *Journal Water Research*. **35**(5): 421-436.
- Greenway, M. and Wolley, A. (1989). Performance Efficiency and Nutrient Bioaccumulation. *Ecological Engineering*. **12**: 39-56.
- Gregory, R.P.F. (1989). Photosynthesis. New York: Blackie-Chapman and Hall.
- Grower, A.M. (1980) Water Quality in Catchment Ecosystems. Institution of Environmental Sciences Series. England: John Wiley.
- Guillard, R.R.L., and Rhyther, J.H. (1962). Studies of Marine Planktonic Diatoms *Cyclotella Nana* (Hustedt) and *Detonula Converfacea* (Cleve) Gran. *Journal Microbiology*. **8**: 229-239.
- Guo, Y. and Yang, Z. (1992). Quantitative Variation and Ecological Analysis of Phytoplankton in the Estuarine Area of the Changjiang River. *Studia Marina Sinica*. **33**: 167-189.
- Hakansson, L. and Jansson, M. (1983). Principles of Lakes Sedimentology. *Springer, Heidelberg*. **45**: 316.

- Hammer, M.J. (1986). *Water and Wastewater Technology*. 2nd Ed. New York: John Wiley and Sons.
- Han, M. (1980). Illustration of Freshwater Phytoplankton at Beijing: *Agriculture Pollution*. **83**: 329–335.
- Harrison, P.J., and Druehl, L.D. (1982). Nutrient Uptake and Growth in the Laminariales and Other Macrophytes: a Consideration of Methods. In: Strivastava, L. (Ed.), *Synthetic and Degradative Processes in Marine Macrophytes*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Hastle, G.R. (1964). *Nitzchia and Fragillaria* Species Studied in the Light and Electron Microscope. Oslo: Universitetsforlaget.
- Henderson-Sellers, B. (1979). *Reservoir*. London: Macmillan Press.
- Hendricks, F. and Bosman, J. (1980). The Removal of Nitrogen From an Inorganic Industrial Effluent by Means of Intensive Algal Cultures. *Journal of Water Technology Toronto*. **12**: 651-665.
- Hutchinson, W., and Foley, P.D. (1974). Operational and Experimental Results of Direct Filtration. *Journal AWWA*. **66**(2). 79-87.
- Ian, M. (1988). *Pengenalan Alga*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Imai, T., and Hatanaka, M. (1950). Studies on Marine Non Colored Flagellates, *Monas Sp.*, Favourite Food of Larvae of Various Marine Animals. Preliminary Research on Cultural Requirements. *Sci. Res. Tohoku Univ.* **4**: 304.
- Jabatan Pertanian, Malaysia (2001). *Manual Kerja Pengembangan Tanaman Ladang*. Jabatan Pertanian, Malaysia. **Vol:1**
- JAS, Malaysia (2000). *Classification of Malaysian Rivers*. Jabatan Alam Sekitar, Malaysia. **Vol:1**
- JAS, Malaysia (2000). *Terengganu River Basin Environmental Management Plan*. Jabatan Alam Sekitar, Malaysia. **Vol:1**
- JAS, Malaysia (2003). *The Study of Pollution Prevention and Water Quality Improvement of Sungai Tebrau and Sungai Segget*. Jabatan Alam Sekitar, Malaysia. **Vol:2**
- Jen, K. and Paul, C.S. (1996). Nutritional Value of a Spray-dried Freshwater Alga, *Spongiococcum excentricum* for Pacific Oyster (*Crassostrea gigas*) Spat. *Aquaculture*. **146**: 135-146.
- JPS, Pontian (2005) *Bacaan Hujan Harian*, Jabatan Pengairan dan Saliran, Pontian.

- Kadlec, R.H. and Knight, R.C. (1996). Treatment Wetlands. Lewis Publisher, Roca Raton, Florida.
- Kartasapoetra, A. G. (1986) Klimatologi, Pengaruh Iklim Terhadap Tanah dan Tanaman. Jakarta: Penerbit Bina Aksara Jakarta.
- Kemmer, F.N. (1987) The NALCO Water Handbook. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill.
- Kemp, A.L.W. Williams, J.D.H. Thomas, R.L. and Gregory, M.L. (1978). Impact of Man's Activities on the Chemical Composition of the Sediments of Lake Superior and Huron. *Water, Air and Soil Pollution*. **10**: 381-402.
- Kenefick, L.D., Landry, M.R., and Hendley, N.I., (1992). Phytoplankton Blooms in the Urdaibai Estuary During Summer. *Oceanologica Acta*. **2**: 293-305.
- Ketchum, B.H. (1967) Phytoplankton Nutrients in Estuaries. American Association for the Advancement of Science, The Horn-Shafer Company, Washington, DC.
- Klapper, H. (1992). Eutrophication. G. Fisher Verlag. Verna.
- Klemm, D.J., Lobring, L.B., and Horning, W.H. (1991). Manual for the Evaluation of Laboratories Performing Aquatic Toxicity Test. Cincinnati, Ohio.
- Kumaran, G.P. Phang, S.M. and Blakebrough, N. (1994). Rubber Effluent Treatment in a High Rate Algal Pond System. Kuala Lumpur: Universiti Malaya.
- Kunitake, S., Lusse, B., Hoyer, O., and Bernhardt, H. (1986). Flocculation and Filtration of the Green Algae *Chlorella sp* and *Dictyosphaerium sp* Under Selected Conditions. *Wasser-Abwasser-Forsch.* **19**: 145-151.
- Lam, A.K.Y. Prepas, E.E. Spink, D. and Hudrey, S.E. (1995). Chemical Control of Hepatotoxic Phytoplankton Blooms: Implication for Human Health. *Water Resources*. **29**(8): 1845-1854.
- Lapointe, B.E. (1985). Strategies for Pulse Nutrient Supply to *Gracilaria* cultures in the Florida Keys: Interactions between Concentration and Frequency of Nutrient Pulses. *Journal Ecology*. **93**: 211– 222.
- Lazaro, T.R. (1990). Urban Hidrology: A Multidiciplinary Perspective. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania.
- Lee, G.F., and Jones, R.A. (1984). Predicting Domestic Water Supply Raw Water Quality in Proposed Impoundments. 1984 Annual Conferences Proceedings, American Water Works Association, Dallas, Texas, 10th- 14th June 1984. 1611– 1630.

- Lee, J.H. Bang, K.W. and Lee, J.K. (1996). A Study of Runoff Characteristics of Pollutants in Combined Sewer Overflow. *Journal of Korean Society of Environmental Engineering*. 615-621.
- Lee, J.H., and Wu, K.W. (2000). Environment Pollution Conservation and Planning. India: Chugh Publication.
- Leif, P. Anders, S. Per-Olav, M. and Hakan, W. (1999). Distribution of Green Algal Mats Throughout Shallow Soft Bottoms of the Swedish Skagerrak Archipelago in Relation to Nutrient Sources and Waves Exposure. *Journal of Sea Research*. **41**: 281-294.
- Leonard, L.C. (1971). Water and Water Pollution. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Lokman Shamsuddin (1987). Microplankton Distribution Along the Coastal Waters Port Dickson. In Proceeding of the 10th Annual Marine Science Malaysia Society Seminar, Kuala Lumpur. 23-29.
- Lokman Shamsuddin (1988). The Microzooplankton of Sarawak Water of the South China Sea. *Journal Science Nuclear* **5**: 21-27.
- Lokman Shamsudin (1991). Diatom Air Tawar: Morfologi dan Taksonomi. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kementerian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.
- Lorenzen, C.J. (1996). A Method for the Continous Measurement of in vivo Chlorophyll Concentration. *Deep-Sea Resources*. **13**: 223-227.
- Madera, V. (1982). Physical and Aesthetics Examination in Examination of Water Pollution Control. A Refernce Handbook: WHO and Pergamon, Copenhagen.
- Manuel, A.S., Alberto, R.C., Carolina, O., and Nora, G. (2002) In- Situ Tests for Water Quality Assessment: a Case Study in Pampean Rivers. *Water Research*. **36**: 4033-4040.
- Margaret, S. P. (1986). River Engineering. Prentice-Hall Ltd.
- Mason, C.F. (1998). Biology of Freshwater Pollution. Longman Scientific and Technical.
- Mc Carty, P.L., and Haug, R.T., (1995). Nitrogen Removal from Wastewater by Biological Nirification dan Denitrification. Dept. Of Environmental Engineering, Stanford University, Stanford, Calofornia, U.S.
- Mc Cormick, G.H., Feder, G.L., and Merrit, R.W., (1994). The Ecological Effect of Acid Conditions and Precipitation of Hydrous Metal Oxides. *Hydrobiologia*. 129-138.

- Merzouki, M., Delgenes, J.P., Bernet, N., Moletta, R., and Benlemlih, M. (1999) Polyphosphate Accumulating and Denitrifying Bacteria Isolated from Anaerobic-Anoxic and Anaerobic-Aerobic Sequencing Batch Reactors. *Current Microbiology*. **38**: 9–17.
- Metcalf and Eddy, Inc. (2003). “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.” 3rd Ed. New York: McGraw Hill Publishing Co. Ltd.
- MetCalfe, J.L. (1996). Biological Water Quality Assessment of Rivers: Use of Macroinvertebrate Communities. *The Rivers Handbook*. Oxford:Blackwell Sciences. 526.
- Michael, L.B. and Clayton, S.C. (1991). Whole Basin Planning: Practical Lessons Learned From North Carolina, Delaware and Washington. *Geophysical Research Letters*. **21**(10): 15-20.
- Mohd Azraai Kassim, Mohd Razman Salim and Mohd Noor Othman. (1994). Rawatan Kumbahan Dalam Iklim Panas. Duncan MARA.
- Mohd Ekhwan Toriman and Andy, L. (2004). Processes of Channel Platform Change on Meandering Channel in the Langat River, Malaysia: Implication to River Management. Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management. Bangi, Selangor. 13 th-14th September 2004. Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi. 267-276.
- Mohd Jamal Nasir (2002). Kesan Alga ke atas Kualiti Air. Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Sarjana Kejuruteraan (Alam Sekitar).
- Moss, B. (1998). The E-numbers of Eutrophication- Errors, Ecosystem Effects, Economics, Eventualities, Environment and Education. *Water Science Tech*. **37** (3), 75-84.
- Mouchet, P. (1997). Problem Algae and Algae Problems: An Introduction to Freshwater Algae and the Related Problems: Algae Removal; Taste and Odours; Toxins. Advance Training Course for Laboratory Specialists in Malaysia, Lyonnaise des Eaux Group Degremont:France.
- Muhammad Ali., Vaduz Salam., Saima Jamshaid., and Tasveer Zahra. (2003). Studies on Biodiversity in Relation to Seasonal Variation in Water of River Indus at Ghazi GAT, Punjab, Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences* **6** (21): 1840-1844.
- Munawar, M., Munawar. I.F., and Sprules. W.G., (1991). The Planktonic Ecology of Lake, St.Lare Hydroid. **219**: 227–253.

- Nasfryzal Carlo (2000). Kesan Pengudaraan ke atas Kualiti Air Reservoir Tropika di Malaysia. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Ph.D Kejuruteraan Awam.
- Naylor, C. Maltby, L. And Calow, P. (1989). Scope for Growth in *Gammarus pulex*, a Freshwater Benthic Detrivore. *Hydrobiologia*. **188**: 517.
- Neish, A.C., and Fox, C.H. (1971). Greenhouse Experiments on the Vegetative Propagation of *Chondrus crispus*, (Irish Moss). National Research Council of Canada. Atlantic Regional Laboratory Technical Report no. 12.
- Nemerow, N.L. (1991). Stream, Lakes, Estuary, and Ocean Pollution. 2nd Ed. New York : Van Nostrand Reinhold.
- Nielsen, J.L., (1995). Evolution and Aquator Ecosystem: Defining Unique Units in Population Conservation Beltoisda MD (Ed). American Fisheries Society and Symposium.
- Nixon, S.W. (1995). Coastal Marine Eutrophication: A Defination, Social Causes and Future Concerns. *Ophelia*. **41**: 199-219.
- Noor Salehin Md Nor (1998). Removal of Iron and Manganese at Sungai Terip Reservoir by Diffused Air Aeration Technique. Universiti Teknologi Malaysia. Tesis Sarjana Kejuruteraan Awam.
- Novotny, V. (1995). Non-Point Pollution and Urban Stormwater Management. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania.
- Novotny, V., and Chester, G. (1981). Handbook of Non-Point Pollution Sources and Management. Van Nostrand Reinhold Company Regional Offices. New York.
- O'Shea, L. (2002). An Economic Approach to Reducing Water Pollution: Point and Diffuse Sources. *Water Resources*. 49-63.
- Officer, C.B. Briggs, R.B. Taft, J.L. Cronin, L.E., Tyler, M.A. Boynton, W.R. (1984). Chesapeake Bay Anoxia: Origin, Development and Significance. *Science* **223**: 22-27.
- Oldeman, L.R. (1977) Climate of Indonesia, Asia-Pacific Sciences Conference.
- Orive, E. Iriarte, A. De Madariaga, I. Revilla, M. (1998). Phytoplankton Blooms in the Urdaibai Estuary during Summer: Physico-chemical Conditions and Taxa Involved. *Oceanologica Acta*. **21**(2): 293-305.
- Palmer, C.M. (1969). A Composite Rating of Algae Tolerating Organic Pollution. *Journal Phycology*. **5**: 78-82
- Pande, J. and Das B.K. (1980). Metallic Contents in Water and Sediments of Lake Nainital. *Water, Air and Soil Pollution*. **13**: 1-13.

- Peavy, H. S., Rowe, D.R., and Tchobanoglous, G. (1986). Environmental Engineering. McGraw-Hill, Inc: New York.
- Pejabat Tanah Daerah Pontian. (2005). Profil Pontian. Pentadbiran Tanah Johor.
- Pickering, T.D., Gordon, M.E., and Tong, L.J., (1993). Effect of Nutrient Pulse Concentration and Frequency on Growth of *Gracilaria chilensis* Plants and Levels of Epiphytic Algae. *Journal Applied Phycology*. **5**: 52–533.
- Pinto, A.M.F., Von Sperling, E., and Moreira, .M. (2001). Chlorophyll-a Determintaiion via Continous Measurement of Plankton Flourescence Methodology Development. *Journal Water Resources*. **16**: 3977-3981.
- Pouliot, J.M. (1999). Temporal Dynamics of Estuarine Phytoplankton. *Hydrobiologia*. **129**: 153.161.
- Powell, T.M., Richerson, P.J., Dillon, T.M., Agee, B.A., Dozier, B.J., Godden, A.D., and Myrup, O.L., (1975). Spatial Scales of Current Speed and Phytoplankton Biomass Fluctuation in Lake Tahoe. *Sciences*. **189**:1088-1089.
- Prescott, G.W. (1978). How to Know the Fresh Water Algae. 3rd Ed. Wm. C.Brown Company. Dubuque:Iowa.
- Rai, U.N. Sinha, S. Tripathi, R.D. and Chandra, P. (1995). Wastewater Treatability Potentialof Some Cyanobacterial: Removal of Heavy Metals. *Ecological Engineering*. **5**: 5-12.
- Rawlence, D.J. and Whitton, J.C. (1977). Element on Aquatic Macrophytes, Water, Plankton and Sediments Surveyed in Three North Island Lakes. *Fresh Water Resources*. **11**: 73-93.
- Reddy, K.R. and D'Angelo, E.M. (1997). Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Efficiency in the River. *Water Sciences Technology*. **5**: 1-10.
- Reddy, K.R., Kadlec, R.J., Flaig, E., and Gale, P.M., (1999). Phosphate Retention in Stream : a Review. *Environmental Sciences Technology*. **29**: 83-146.
- Rosenberg, R. (1985). Eutrophication-The Future Marine Coastal Nuisance. *Marine Pollution Bulletin*. **16**: 227-231.
- Rustrian I.V., Sun. J., and Strom, S.L., (1996). Species Diversity in Aquatic Micro-Ecosystems. *Ecology*. **59**: 481-488.
- Sakshaug,E. Bricaud, A. Dandonneau, Y. Falkowski, P.G. Kiefer, D.A. Legendre, L. Morel, A. Parslow, A.J. and Takahashi, M. (1997). Parameters of Photosynthesis: Definations, Theory and Interpretation of Results. *Journal of Plankton Research*. **19**(11): 1637-1670.

- Salam, A. Ali, M. and Shafique, M. (2000). Studies on Biodiversity in Relation to Seasonal Variations in Mixed Water of Indus and Chenab. *Journal Biologica*. **4**: 23- 28.
- Salam, A. and Mahmood, J.A. (1988). Studies on Physico-chemical Parameters of River System in Chitral, *Pakistan. Journal Zoology*. 18-26.
- Salam, A., and Perveen, S. (1997). Studies on the Seasonal Variations of Biological Parameters of Shard Ghazanfar, Muzaffargarh (Pakistan). *Acta Sciences* **7**: 129-140.
- Salleh Bakar, Wan Ruslan Ismail, and Zulyadini Abd Rahman. (2004). Sediments and Nitrogen in Streamflow Draining an Agriculture Hill Land Catchment:Relau River, Penang, Malaysia. Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management. Bangi, Selangor. 13 th-14th September 2004.Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi. 284-292.
- Sawyer, C.N., Mc Carty, P.L., and Parkin, G.F., (1994). Chemistry for Environmental Engineering. 4th Ed. US: Mc Graw-Hill, Inc.
- Shamsani (1995). Iklim Mikro, Proses dan Aplikasi. Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Shannon, C.E. and Weiner, W. (1949). The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Shen, Z. Lu, J. Liu, X. Diao, H. (1992). Distribution Characteristics of the Nutrients in the Changjiang River Estuary and the Effect of the Three Gorges Project on it. *Studia Marina Sinica*. **39**: 109-129.
- Shimogawara, K., Wykoff, D.D., Usuda, H., and Grossmann, A.R. (1999). *Chlamydomonas reinhardtii* Mutants Abnormal in Their Responses to Phosphorous Deprivation. *Plant Physiology* **120**: 685–693.
- Sholkovitz, E.R. (1985) Redox Related Geochemical in Lakes: Alkali Metals, Alkaline Earth Element and 137Cs. In Stum, W. Chemical Processes in Lakes. New York: John Wiley.
- Siti Nazahiyah Rahmat, Zulkifli Yusof and Maketab Mohamed. (2004). Storm Event Pollution Loadings from Urban Catchments. Proceeding of 2nd Bangi World Conferences on Environmental Management. Bangi, Selangor. 13 th-14th September 2004.Centre for Graduate Studies Universiti kebangsaan Malaysia, Bangi. 636-645.
- Skulberg, J.D. (1995). Microplankton Growth, Grazing, and Community Structurein the Northern Gulf of Mexico, *Marine Ecology*. **130**: 229-240.

- Smith, G.M. (1950). The Freshwater Algae of the United States. Mc Graw-Hill Book Company, Inc.
- Sosrodarsono, S., and Takeda, K. (1980). Hidrologi Untuk Pengaliran. Pradnya Paramita Publication: Jakarta.
- Srinivasan, P.T. Viraraghavan, T. and Subramaniam. (1999). Aluminium in Drinking Water: An Overview. *Water Research*. **25**(1): 47-55.
- Stephan, C.E. Mount, D.I. Gentile, J.H. Chapman, G.A. Brungs, W.A. (1985). Guidelines for Deriving Numerical National Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Organisms and Their Uses. National Technical Information Service, United States Environmental Protection Agency, Washington DC, USA. PB85-227049,99.
- Stevenson, R.J. (1999). Epilithic and Epipellic Diatom in the Sandusky River with Emphasis on Species Diversity and Water Pollution. *Hydrobiologia*. 114-116.
- Steynberg, M.C., Adam, K., and Pieterse, A.J.H. (1997). An Algal Monitoring Protocol: The Strategic Link Between Reservoir and Treatment Process. IAWQ-IWSA Joint Specialist Conference on Reservoir Management and Water Supply- An Integrated System, 19th- 23 rd May 1997, Prague, Czech Republic. 213-220.
- Stirling, G., and Wilsey, B. (2001). Empirical Relationships Between Species Richness, Evenness and Propotional Diversity. *The American Naturalist* **158** (3): 286-299.
- Strickland, J.D.H. (1968). Continous Measurement of in vivo Chlorophyll; a Precautionary. *Deep-Sea Resources*. **15**: 225-227.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, A.T.R. (1968). Practical Handbook of Sea-water Analysis. Fish Resources Bulletin. **167**:311
- Sunblad, K. Tonderski, K and Rulewski, K. (1994). Nitrogen and Phosphorus in the Vistula River, Poland. *Water Sciences Technology*. **30**(5): 177-186.
- Tanner, C.C., Sukias, J.P., and Upsdell, M.P., (1998). Species Diversity of Ecological Succession. *Water Resources*. **32**: 3046-3054.
- Tate, C.H. and Arnold, K.F. (1990). Health and Aesthetics Aspects of Water Quality: Water Quality and Treatment. A Handbook of Community Water Supply. 4th Ed. American Water Works Association. New York: MacGraw-Hill.
- Telesh, I.V. (2004). Plankton of the Baltic Estuarine Ecosystem with Emphasis on Neva Estuary: a Review of Present Knowledge and Research Perspective. *Marine Pollution Bulletin*. **49**: 206-219.

- Terbutt, T.H.Y. (1983). Principles of Water Quality Control. England: Pergamon Press.
- Thomann, R.V. (1987). Principles of Surface Water Quality Modelling and Control. 3rd Ed. Oxford. New York : Harper and Row.
- Thomas, E.M. (1987). Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning: San Francisco Bay Experiences. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*. **33**: 85-98.
- Train, R.E. (1979). Quality Criteria for Water. London:Castle House.
- Trivedi, P.R. and Gurdeep, R. (1992). Environmental Water and Soil Analysis. A Hashdeep Publishing House, New Delhi.
- Ullrich, W. R., and Glaser, E. (1982). Sodium-Phosphate Co-Transport in the Green Alga *Ankistrodesmus Braunii*. *Plant Physiology* **27**: 155–161.
- UM-JAS. (1986). Classification of Malaysian Rivers. Vol.I. Executive Summary. Final Report. Department of Environment, Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia. Consultant Group on Water Quality, Institute of Advance Studies, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. 5-13
- UM-JAS. (2000). Water Quality Criteria and Standards for Malaysia. Vol.I- Executive Summary. Final Report. Department of Environment, Ministry of Science, Technology and Environment, Malaysia. Consultant Group on Water Quality, Institute of Advance Studies, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia. 5-11.
- USEPA (1998). Stream Corridor: Principles, Processes and Practices. United State Final Manuscript
- USEPA (1999). Neuse River Corridor Master Plan. United State Final Manuscript
- USEPA, (1980). Water Quality Criteria Documents: Availability. USEPA, Washington DC, USA. Federal Register 45(231). Part V.
- Van Loosdrecht, M.C.M. Hooijmans, C.M. Heijnen, J.J. (1997). Biological Phosphate Removal Processes. *Application Microbiology Biotechnology*. **48**: 289-296.
- Verhoeven, T.A. and Meuleman, A.F., (1999). Perspective in Ecological Theory: Opportunities and Limitation. *Ecological Engineering*. **12**: 5-12.
- Vymazal, J., Brix, H., and Cooper, P.F (1998). Nutrient and Phytoplankton Dynamics in the River. *Marine Ecology*. **140**: 79-87.
- Waite, T.D. (1984). Principles of Water Quality. Orlando: Academic Press.

- Walner, P.R. (1970). Studies on the Food Value of Nineteen Genera of Algae to Juvenile Bivalves of the Genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria* and *Mytilus*. *Water Research*. **2**: 1–62.
- Wan Azam Wan Hamid (1994). Reservoir Sungai Layang: Perlintapan Suhu dan Kesannya ke Atas Kualiti Air dan Rawatan. Universiti Teknologi Malaysia: Tesis Sarjana Kejuruteraan (Awam).
- Ward, H.B., and Whipple, G.C. (1959). *Freshwater Biology*. 2nd Ed. John Willey and Sons Inc. New York.
- West, W. (1971). A Monograph of the British *Decmidiaceae*. Johnson Reprint Corporation. London. **1**:5.
- Wetzel, R.G. (1975). *Limnology*. Philadelphia: W.B.Saunders Co.
- Whitford, L.A., and Schumacher, G.J. (1973). *A Manual of Fresh Water Algae*. Raleigh, N.C. Sparks Press.
- Wilhm, J.L. (1970). Biological Monitoring of Environmental Contaminants. *Journal Water Pollution Control Federation*. **5**:211-224.
- Wilhm, J.L. and Dorris, M.W. (1968). Use of Algae for Monitoring Rivers. *Journal Ecology*. 375-402.
- William, P.F. (2001). Wisconsin Smart Program: Starkweather Creek. *Journal of Water Pollution Control*. **8**(5): 25-32.
- Wilson, E.O. (1988). *Biodiversity*, Washington DC. National Academy Press.
- Wu, J., Sunda, W., Boyle, E. A., and Kart, D.M. (2000). Phosphate Depletion in the Western North Atlantic Ocean. *Science*. **289**: 759–762.
- Wykoff, D.D., Grossman, A.R., Weeks, D.P., Usuda, H., and Kosuke, S. K. (1999). A Nuclear Localized Protein that Regulates Phosphorous Metabolism in *Chlamydomonas sp.* *Proc Natl Acad Sci USA* **96**: 5336–5341.
- Yamagishi, T. (1992). *Plankton Algae in Taiwan (Formosa)*. Uchida Rokakuho, Tokyo.
- Yap, S.Y. (1988). Water Quality Criteria for the Protection of Aquatic Life and its Users in Tropical Asian Reservoirs. Proceedings of Workshop in Kathmandu, Nepal. 23-28 November 1987. 74-86.
- Zulkifli Yusof, Siti Nazahiyah Rahmat, Kamarul Azlan Mohd Nasir, Maketab Mohamed. (2004). Runoff Quality and Pollution Loadings from Residential and Comercial Catchments in Skudai, Johor. Proceeding of SEPKA 04. Seminar Penyelidikan Kejuruteraan Awam 2004. 1-2 Oktober 2004. UTM, Johor.

PENERBITAN

Johan Sohaili., **Nor Azman Kasan.**, Zaharah Ibrahim, (2004), “Penilaian Koridor Sungai- Kajian Kes: Sungai Pontian Kecil”, Seminar Penyelidikan Kejuruteraan Awam 2004 (SEPKA 2004), 1 – 2 September 2004, UTM, Johor.

Nor Azman Kasan., Johan Sohaili., Zaharah Ibrahim dan Normala Hashim, (2004), “River Corridor Evaluation Using Biological Indicator”, 2nd Bangi World Conference on Environmental Management, 13 – 14 September 2004, Bangi, Selangor.

Johan Sohaili., **Nor Azman Kasan.**, Zaharah Ibrahim dan Normala Hashim. (2005). “The Integrated Biological Indicator as a Tool for Detection of River Pollution”, Brunei International Conference on Engineering and Technology (BICET 2005), 15 – 17 August 2005, The Centrepont Hotel, Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam.